

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 59122988 A

(43) Date of publication of application: 16 . 07 . 84

(51) Int. Cl.

G01T 1/24  
H01L 31/00

(21) Application number: 57230153

(71) Applicant: SHIMADZU CORP

(22) Date of filing: 29 . 12 . 82

(72) Inventor: OKA SHOTARO  
SAWADA RYOICHI

## (54) RADIATION MEASURING ELEMENT

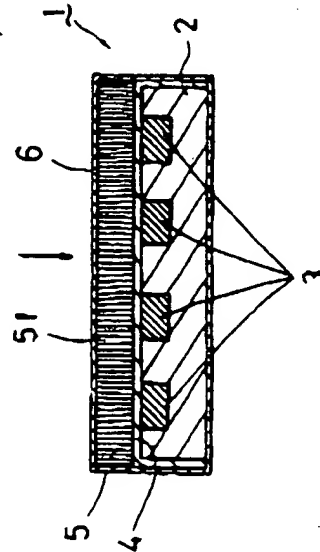
## (57) Abstract:

**PURPOSE:** To obtain a small light wt. radiation measuring element having high resolving capacity, by forming a scintillation film having a large number of vertically extended fine needle like structures on an array type semiconductive light detecting element in a closely adhered state through an electromagnetic wave previous film.

**CONSTITUTION:** A scintillation film 5 comprising CsI(Tl) with a thickness of about  $160\mu\text{m}$  is vapor deposited on an array type semiconductive light detecting element obtained by forming n type semiconductive regions 3 on the surface of a p type semiconductive substrate 2 in a heated state through a  $\text{SiO}_2$  vapor deposition film 4 with a thickness of about  $0.1\mu\text{m}$  and, after cooling, cracks are generated in the vertical direction by the difference of coefficient of thermal expansion with the  $\text{SiO}_2$  film 4. The whole is coated with an Al vapor deposition protective film 6. Radioactive rays such as X-rays from the direction shown by the arrow are incident to the scintillator film 5 through the protective film 6 to generate fluorescence which is, in turn, subjected to multiple reflection in the needle like sections 51 to reach a light detecting element.

Therefore, a small light wt. radiation measuring element having high resolving capacity is obtained.

COPYRIGHT: (C)1984.JPO&amp;Japio



B3'

⑨ 日本国特許庁 (JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報 (A)

昭59-122988

⑪ Int. Cl.<sup>3</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 昭和59年(1984)7月16日

G 01 T 1/24

8105-2G

H 01 L 31/00

7021-5F

発明の数 1

審査請求 未請求

(全 5 頁)

⑭ 放射線計測素子

⑯ 発明者 沢田良一

⑰ 特 願 昭57-230153

京都市中京区西ノ京桑原町1番  
地株式会社島津製作所三条工場  
内

⑱ 出 願 昭57(1982)12月29日

⑲ 発明者 岡正太郎

⑳ 出 願 人 株式会社島津製作所

京都市中京区西ノ京桑原町1番  
地株式会社島津製作所三条工場  
内京都市中京区河原町通二条下ル  
一ノ船入町378番地

㉑ 代理人 弁理士 野河信太郎

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

放射線計測素子

## 2. 特許請求の範囲

- (1) p型(又はn型)半導体基体の表面に複数のn型(又はp型)半導体領域を分画形成してなるアレー型半導体光検知素子の上に、電磁波透過性膜を介して、略垂直状にのびる多数の微細針状区画構造を有するシンチレータ膜を密着形成してなることを特徴とする放射線計測素子。
- (2) シンチレータ膜の外面に、被測定放射線を透過しうる保護膜が被覆形成されてなる特許請求の範囲第1項記載の計測素子。
- (3) シンチレータ膜の外面に、シンチレーションによる可視光を反射しうる保護膜が被覆形成されてなる特許請求の範囲第1項又は第2項記載の計測素子。

## 3. 発明の詳細な説明

この発明は、放射線計測素子に関する。さらに詳しくは、放射線エネルギーを効率良くかつ高空間分解能で検知でき、さらに集積化、小形化、軽量化及びハイブリッド化された放射線計測素子に関する。

近年、CT等の放射線を用いた医療機器や各種放射線測定機器の技術の進歩に伴ない、放射線の強度分布の測定が重要な課題となつている。かような放射線の強度分布の測定器としては多数の区画構成された電離箱を組み合わせて各区画ごとの放射線強度を測定するものが知られているが、これらは振動に弱くさらにその構造が複雑でかつ重く、取扱い上や製造上不利であつた。

従つて、より小型化、軽量化された分布測定しうる放射線計測素子が望まれていた。

この点に関し、この発明の発明者らは半導体光検出素子に注目した。半導体光検出素子は従来可視光の検出素子として知られているが、放射線に対しても若干の感度を有する。そしてその感応部

分は、半導体光検出素子作製の際に容易にアレー状に分面形成できるため、強度分布の測定器としては適切なものと考えられる。しかしながら、かようなアレー型の半導体光検出素子を用いた場合に得られる放射線測定感度はやはり不充分なものであつた。

さらに、上記アレー型半導体光検出素子の測定感度を向上させるために、その放射線入射面に、通常のシンチレーションカウンターで用いられるような蛍光体(シンチレータ)層を接着剤で接合させて放射線の一部又は大部分を半導体光検出素子の感度良好な可視光に変換し、測定感度を上昇させることも考えられる。しかしこのようにアレー型半導体光検出素子にシンチレータを単に組合せた場合には、シンチレータからの変換された可視光はクロストーク現象(入射した放射線の入射方向から側方に変換可視光が分散される)によつて、入射位置に対応するフォトダイオードの感度部分に効率良く入射せず、結局強度分布の測定においては不鮮明となり実用に供し得ないもの

にのびる多数の微細針状区画構造を有するシンチレータ膜を密着形成してなることを特徴とする放射線計測素子が提供される。

この発明の最も特徴とする点は、アレー型半導体光検出素子と特定の構造を有するシンチレータ膜とを組合せたことにある。上記特定の構造、すなわち略垂直状にのびる多数の微細針状区画構造を有するシンチレータ膜は、X線像増管等の高品質テレビジョン受像管における発光スクリーンとして用いられることは知られている(特公昭55-19029号公報参照)が、この発明のごとき半導体素子に直接組合せたことはそれ自身新規なものといえる。

以下、添付図面に従いこの発明の放射線計測素子について詳説する。

第1図は、この発明の具体例である放射線計測素子(1)を示す模式的構成説明図である。図において、この発明の放射線計測素子(1)は、p型半導体基体(2)の表面にリン、ヒ素等のドーピングにより4つのn型半導体領域(3)を分面形成してなるアレー

であつた。また、この点を改善するためシンチレータ層に多数の区画板(例えば、重金屬板等)を入れてクロストーク現象を防ぐことも考えられるが、形成する区画板自体の幅の薄さにも限度があり、デッドスペースが多く分解能が若干上昇しても全体としての検知効率は不充分であるし、第一、製作上困難を極め、実用に供し得ないものである。

この発明はかような従来の問題点を解消すべくなされたものである。この発明の発明者らは、アレー型半導体光検出素子に、微細針状区画構造を有するシンチレータ薄膜を形成できる事実を見出し、さらにこのようなシンチレータ薄膜を用いたものは区画板等を用いることなく分解能が顕著に改善され、さらに放射線計測素子の小型化、軽量化が可能となる事実を見出しこの発明に到達した。

かくしてこの発明によれば、p型(又はn型)半導体基体の表面に複数のn型(又はp型)半導体領域を分面形成してなるアレー型半導体光検出素子の上に、電磁波透過性膜を介して、略垂直状

型半導体光検出素子、たとえばフォトダイオードの上に、放射線及び可視光を良好に透過する厚み約0.1 $\mu$ mのSiO<sub>2</sub>蒸着膜(4)を介して、厚み約160 $\mu$ mのCsI(Tl)からなるシンチレータ膜(5)を密着形成してなり、さらにシンチレータ膜(5)の外面を保護すべく、かつ内部発生発光を反射すべく全体が、アルミニウム蒸着保護膜(6)によつて被覆されてなる。そして、上記シンチレータ膜(5)は、アレー型半導体光検出素子に対して略垂直状にのびる多数の微細針状区画(5a)が集積されたCsI(Tl)結晶から構成されてなる。なおアレー型半導体光検出素子の各n型半導体領域はそれぞれ放射線計測の別チャンネルと機能すべく構成されており指示計器に接続されている。

上記構成の放射線計測素子(1)において、矢印の方向に進むX線等の放射線は、保護膜(6)を透過して内部に入射する。この際、放射線の一部はシンチレータ膜(5)を通過してアレー型フォトダイオードに入射し、他の一部はシンチレータ膜(5)内でシンチレーションによつて可視光に変換されアレー

型半導体光検出素子に入射するため、アレー型半導体光検出素子においては放射線及び変換可視光の両方について検知することとなる。従つて、シンチレータ膜を有していないものに比して検知効率は改善されている。

さらにシンチレータ膜(5)は、略垂直状にのびる多数の微細針状区画からなるため、シンチレーションによつて生ずる可視光は、第2図に示すごとくその区画内で反射されつつ入射方向に対応する半導体光検出素子の感応部分(例えば、n型半導体領域)に効率高く導かれ、クロストーク現象を生ずることもない。従つて、フォトダイオードの感応部分間の干渉もほとんど生じることなく分解能の優れた放射線強度の分布が測定されることとなる。

この発明における<sup>上記</sup>アレー型半導体光検出素子としてはpn接合型のものを用いたがPIN接合型でも、金属-半導体接触を利用したいわゆる表面障壁型のものでよい。半導体もシリコンに限らず、ゲルマニウム、各種の化合物半導体等の他の材料

き、これを真空中で200℃に保持しつつ厚み20～500μm程度のシンチレータ膜を蒸着によつて形成させ、その後、自然冷却することにより、幅5～20μm程度の多数の微細針状区画構造を亀裂によつて生じせしめることにより得られる。

この発明の上記シンチレータ膜の外表面は通常、湿気等の影響を防ぐための前記のような保護膜を形成させることが好ましいが、この保護膜としては被測定放射線を透過しうるものが必要であり、さらに外部からの可視光を反射する膜を用いるのが放射線の測定誤差を減少できる点より好ましい。また、別の観点から該保護膜は、シンチレータ膜内のシンチレーションによる変換可視光<sup>の</sup>外部への散乱を防止すべく可視光反射性のものを用いるのが好ましい。

かような点から、シンチレータ膜の外表面には、前記のごときアルミニウムのような低密度金属の蒸着薄膜を形成させるのが最も好ましい。

なお、放射線計測に当つて、放射線の照射面は、通常第1図矢印の如くシンチレータ膜側とされる

を使用してもよい。これらのうち、基板の不純物濃度をできるだけ少なくし、pn接合付近に生じる空乏層をできるだけ厚くするものが好ましい。

上記アレー型半導体光検出素子の上にシンチレータ膜が密着形成される。

この発明のシンチレータ膜の材質としては、通常のシンチレーションカウンタに用いられる無機シンチレータ、例えば、NaI(Tl)、CsI(Tl)、KI(Tl)、ZnS(Cu)、CdWO<sub>4</sub>等が挙げられ、場合によつては有機シンチレータを用いてもよい。

この発明の特定構造のシンチレータ膜は、例えば、半導体光検出素子の表面に、放射線や可視光を透過しうるSiO<sub>2</sub>膜のような電磁波透過性膜を蒸着等で形成した後、この上に所望のシンチレータを加熱状態で蒸着形成して造膜し、そののち自然冷却させてSiO<sub>2</sub>膜の熱膨張率とシンチレータ膜のそれとの差によつて垂直方向の亀裂を生じせしめることにより得られる。より具体的には、例えば0.1～1μm程度の薄いSiO<sub>2</sub>膜を形成させた電磁波検知ダイオードを予め200℃に加熱してお

が、逆に半導体光検出素子の底面側に設定してもよく、同様な放射線計測を行なうことができる。

以上述べた如く、この発明の放射線計測素子は、アレー型半導体光検出素子と特定の構造のシンチレータ膜を組合せているため、放射線検知効率も改善され、分解能も優れたものである。さらに従来のシンチレーションカウンタのように1.5～3mmのシンチレータ膜を必要とせずかつ半導体素子と一体に形成されているため、小型、軽量であり製造、取り扱い上も便利である。そしてアレー型電磁波検知ダイオードのアレーはリソグラフィで容易に分画形成できかつ多数形成できこれにより分解能を適宜上昇させることができる。従つて高い空間分解能を必要とするCT、X線イメージ検出器等の放射線の強度分布の測定における計測素子として極めて有用なものである。

以下、この発明を実施例により説明する。

#### 実施例1

第1図に示すような微細針状区画構造のCsI(Tl)シンチレータ膜(160μm厚)を形成したこ

の発明の放射線計測器を用いて種々のエネルギーのX線の計測を行ないそのチャンネル当りの出力を調べた。なお、シンチレータ膜を形成していない同様なフォトダイオードについても出力を調べ比較を行なった。

その結果を第3図に示す。図においてAはこの発明の放射線計測器による出力を示し、BはCsI(Tl)結晶接合前の出力(比較例)を示す。また第3図のデータを基にした出力比(A/B)の変化を第4図に示す。

これらの図に示されるように、X線管球電圧V = 50 kVでの出力はシンチレータ膜を有していないものに比して1.35倍、V = 100 kVでは2.8倍となっており、放射線検知効率の向上に基づく感度の上昇が認められ、ことに硬X線において顕著な感度上昇が見られる。

#### 実施例2

放射線検知部間すなわちフォトダイオードのアレーの隣接エレメント間の干渉を調べた。まず、第5図のごとく、間隔0.3mmの2つのn型半導体

領域(3a)(3b)間の干渉を調べるべく4mm厚の鉛板(8)を約1mmの間隔で放射線受光面に位置して遮断し、その遮断位置をC及びDに設定して遮断されたn型半導体領域(3a)に対する遮断効果を測定器(7)で測定し、シンチレータ膜内でのクロストレーキング現象の程度を調べた。その結果、いずれの遮断状態においてもn型半導体領域(3a)への影響はほとんど見られず、シンチレータ膜内でのクロストレーキング現象はほとんど見られないことが判明した。

#### 4. 図面の簡単な説明

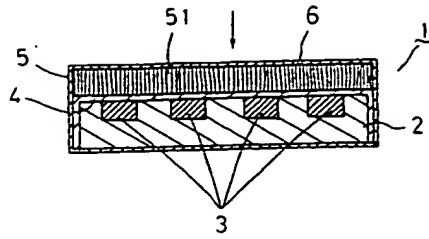
第1図は、この発明の放射線計測素子の具体例を示す模式的構成説明図、第2図は第1図の要部拡大図、第3図及び第4図は、この発明の放射線計測素子による放射線検知出力を比較例と共に示すグラフ、第5図はこの発明の放射線計測素子におけるシンチレータ膜の効果の測定方法を例示する模式的構成説明図である。

(1)…放射線計測素子、(2)…p型半導体基体、

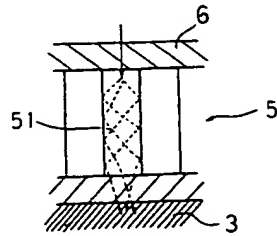
- (3)、(3a)、(3b)…n型半導体領域、
- (4)…SiO<sub>2</sub>遮断膜、(5)…シンチレータ膜、
- (6)…微細針状区画、(6)…保護膜、
- (7)…測定器、(8)…鉛板。

代理人 弁理士 野 河 信 太 郎

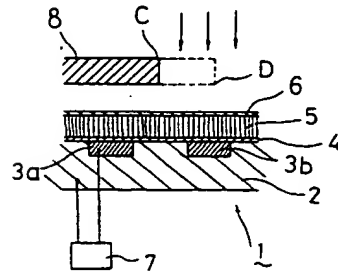
第 1 図



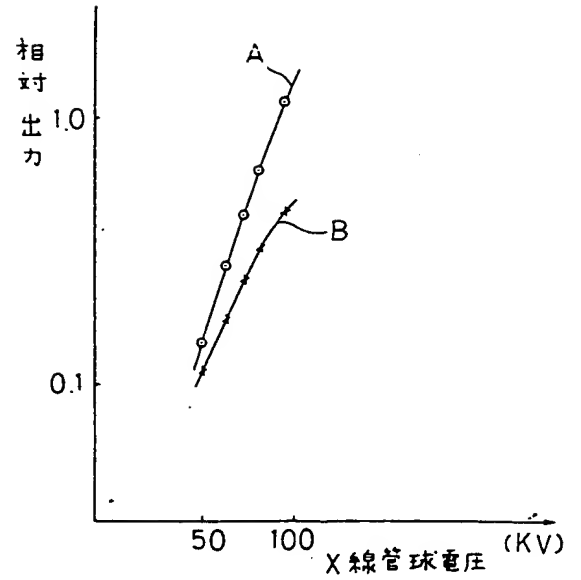
第 2 図



第 5 図



第 3 図



第 4 図

